

化学イメージセンサによる鋼中水素透過現象の可視化に関する研究

著者	金井 暁広
雑誌名	東北大学電通談話会記録
巻	87
号	1
ページ	194-195
発行年	2018-08
URL	http://hdl.handle.net/10097/00123499

修士学位論文要約（平成30年 3 月）

化学イメージセンサによる鋼中水素透過現象の可視化に関する研究

金井 暁広

指導教員：吉信 達夫， 研究指導教員：宮本 浩一郎

Study on Visualization of Hydrogen Permeation Phenomenon in Steel Using
Chemical Imaging Sensor

Akihiro KANAI

Supervisor: Tatsuo YOSHINOBU, Research Advisor: Ko-ichiro MIYAMOTO

In recent years, hydrogen is used in a wider range of industrial applications such as fuel cells and fuel cell vehicles as well as in petroleum/natural gas production lines, where strengthening of steel materials is required. However, high-strength steels are at the risk of hydrogen embrittlement, which is the major problem in securing the safety of steel materials. In this study, the distribution of hydrogen that passed through the steel was measured using a chemical imaging sensor. A measurement system combining the electrochemical hydrogen permeation method and a chemical imaging sensor was prepared. Hydrogen charging was performed on the surface of the test piece, and hydrogen extraction was performed to ionize the permeated hydrogen on the back side of it, where the pH distribution was measured using a chemical imaging sensor. As a result, it was possible to visualize permeated hydrogen, but the resolution was low due to the lateral diffusion of hydrogen. In the future, further improvement of the measurement accuracy and lateral resolution are expected by reducing the diffusion of permeated hydrogen.

1. はじめに

近年、燃料電池や石油・天然ガス生産用パイプラインなどの水素が使用される幅広い産業分野で高強度鋼の需要が増加している。しかし、高強度鋼は水素脆化の危険性があり、これは鋼材の安全性を確保する上での大きな問題である。

水素脆化は鋼材に蓄積された水素の圧力によって鋼材の強度や延性が低下する現象である。この現象は、鋼材への水素の侵入・透過に起因する。まず、鋼材の腐食反応により水素原子が発生する。水素原子は鋼材の結晶格子の隙間や結晶粒界よりも小さいため、鋼材中を容易に拡散することができる。侵入面から鋼材中を拡散して抽出面に到達する水素原子は、再結合して気体水素として大気中に放出される。水素原子はこの一連のプロセスの間に鋼材に蓄積される。水素脆化は、水素濃度、拡散率、鋼強度などの多くのパラメータに関わるため、この現象の本質的なメカニズムは未だ解明されていない。したがって、この現象の最も重要な要因である鋼材の水素透過性を評価することは非常に重要である。そこで、本研究では鋼材を透過した水素の分布を LAPS に基づく化学イメージセンサを用いて測定を行った。

2. 原理

2.1. LAPS

LAPS は半導体の電界効果に基づく化学センサである。センサ裏面に変調光を照射することにより、外

部回路に溶液の pH に依存した電流が流れる。また、センサ表面の測定領域は変調光の照射領域によって定義されるという特徴を有する。したがって、センサ裏面に照射する変調光を 2 次元的に移動させて pH 分布を測定することが可能である。

2.2. 電気化学的水素透過法

電気化学的水素透過法は、鋼材を透過した水素原子をイオン化し、イオン化した際に流れる電流を検出することで鋼中を透過した水素の定量を行う方法である。LAPS は溶液の pH を検出することが可能であるが、透過水素を直接測定することはできない。そこで、本研究では鋼中を透過した水素原子を電気化学的水素透過法によりイオン化することで LAPS を用いて測定した。

3. 実験

3.1. 透過水素による pH 変化の LAPS 測定

LAPS と電気化学的水素透過法を組み合わせた測定システムを構築して、LAPS による透過水素の測定を行った(図 1)。まず、溶液セルに Na_2SO_4 溶液を充填し、HCl 溶液を試験片の表面に滴下した。次にポテンショスタットを用いて定電位分極を行った。その後、LAPS を用いて電流－電圧特性曲線を取得した(図 2)。測定結果から電流－電圧特性曲線のバイアス電圧軸負方向へのシフトを確認した。よって、LAPS を用いて透過水素による pH 変化を検出することに成功したことが分かった。

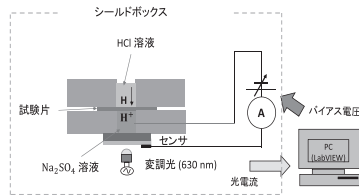
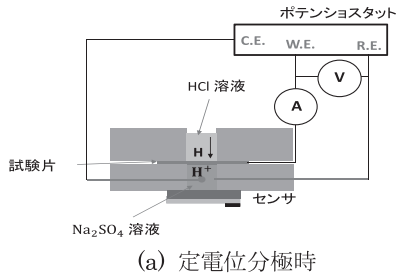


図 1 透過水素による pH 変化検出の測定システム

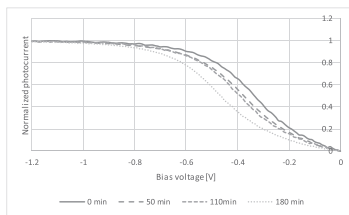


図 2 電流—電圧特性曲線

3.2. 水素透過のイメージング

電気化学的水素透過法と化学イメージセンサを組み合わせた測定システムを開発した(図 3)。まず、試験片の表面で水素チャージを行い、試験片に水素を流入させた。次に、試験片の裏面で水素引き抜きを行い、透過した水素をイオン化した。そして、化学イメージセンサを用いて pH 分布を測定した(図 4)。この結果から、水素が流入する領域において pH が低下することが確認された。これにより、透過水素の可視化を行うことができた。しかしながら、透過水素の横方向の拡散のためにその分布は水素が透過した領域よりも広がっていた。

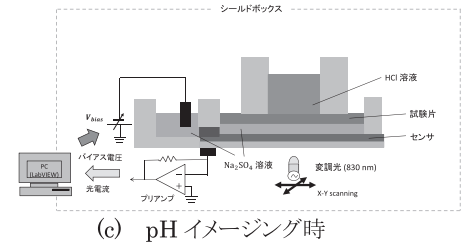
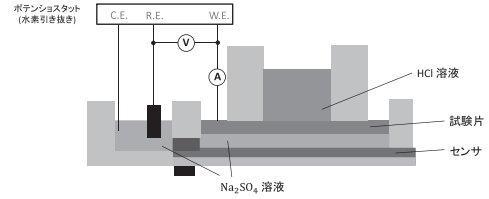
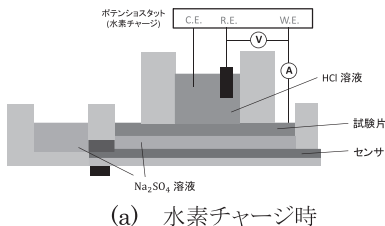


図 3 測定システム(透過水素の pH 分布測定)

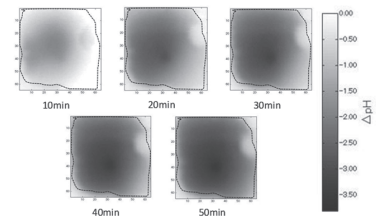


図 4 透過水素による pH 変化イメージ

4. まとめ

電気化学的水素透過法と化学イメージセンサを組み合わせた測定システムを開発し、試験片の表面で水素をチャージし、試験片の裏面で水素の引き抜きを行い、化学イメージセンサによって pH 分布を測定することができた。この測定システムにより、試験片を透過した水素の可視化に成功した。しかし、透過した水素の拡散のために横方向の分解能は低かった。透過水素の拡散を低減することにより、測定精度および分解能のさらなる改善が期待される。

文献

- 1) S. Takagi, M. Sakairi, "Electrochemical detection of hydrogen generated by atmospheric corrosion of scratches in zinc coated steels", Zairyo-to-Kankyo, 60, 435-437 (2011).